

AB

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-326782

(43)Date of publication of application : 16.11.1992

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 03-096797

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 26.04.1991

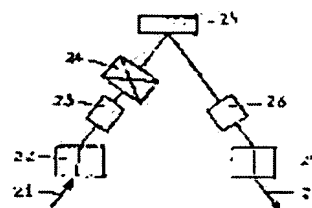
(72)Inventor : HANEDA MAKOTO  
CHIBA KATSUAKI  
TSUJI SHINJI  
TOYONAKA TAKASHI  
ONO YUICHI

## (54) REFLECTIVE MULTISTAGE LIGHT AMPLIFIER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide an optical amplifier which materializes high gain and removes the dependency on TE/TN polarized waves and reduces noise by making elements in multistage in a semiconductor optical amplifier.

**CONSTITUTION:** This is constituted such that a signal light is entered into an nonspherical lens 26 and a second light amplifier 27 through a narrow band reflecting plate 25 by providing an nonspherical lens 23 and a two-stage light isolator 24 independent of polarized waves next to a first light amplifier 22, and the independence of polarized waves is accomplished by adjusting the incident angle of the signal light to the narrow band reflecting plate 25.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平4-326782

(43)公開日 平成4年(1992)11月16日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

9170-4M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全 5 頁)

(21)出願番号 特願平3-96797

(22)出願日 平成3年(1991)4月26日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 羽田 誠

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 千葉 勝昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 辻 伸二

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

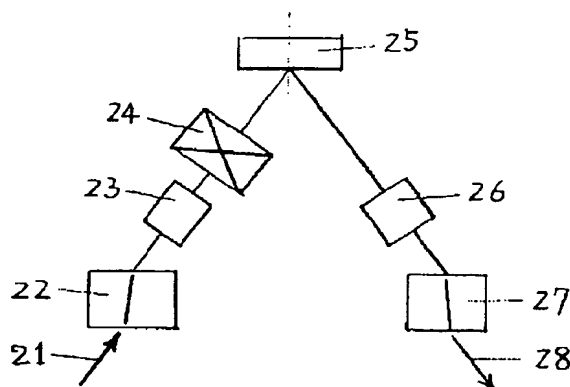
(54)【発明の名称】 反射型多段光増幅装置

(57)【要約】

【目的】本発明は半導体光増幅装置において素子を多段化することにより、高利得化と同時にTE/TM偏波依存性をなくし雑音を低減した光増幅装置を提供することにある。

【構成】第1の光増幅素子22の次に非球面レンズ23と偏波無依存2段光アイソレータ24を設け、狭帯域反射板25を介して非球面レンズ26と第2の光増幅素子27へ信号光を入射させる構成とし、狭帯域反射板25への信号光の入射角を調整することにより偏波無依存化を達成させる。

図 2



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光増幅素子を複数個有する光増幅装置において、少なくとも1個の反射板を用い、第1の光増幅素子からの増幅光を反射板を介して第2の光増幅素子に入力することを特徴とする反射型多段光増幅装置。

【請求項2】 請求項1記載の反射型多段光増幅装置にお\*

$$R_p = \left[ \frac{n_A \cos \theta - \sqrt{n_B^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}}{n_A \cos \theta + \sqrt{n_B^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}} \right]^2 \quad (\text{数1})$$

【数2】

$$R_s = \left[ \frac{n_B \cos \theta - (n_A/n_B) \sqrt{n_B^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}}{n_B \cos \theta + (n_A/n_B) \sqrt{n_B^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}} \right]^2 \quad (\text{数2})$$

ここで  $R_p$  は入射面に並行な偏光に対する反射率、 $R_s$  は入射面に垂直な偏光に対する反射率であり、光は媒質A（屈折率  $n_A$ ）から媒質B（屈折率  $n_B$ ）へ入射するものとする。

【請求項3】 請求項1、2記載の反射型多段光増幅装置において、反射板の反射スペクトル幅が光増幅素子の自然発光スペクトル幅より狭いことを特徴とする反射型多段光増幅装置。

【請求項4】 請求項3記載の反射型多段光増幅装置において、入力信号の波長のうち少なくとも1本は反射板の反射スペクトルピーク値近傍に有ることを特徴とする反射型多段光増幅装置。

【請求項5】 請求項4記載の反射型多段光増幅装置において、入力信号の波長及び反射板スペクトルピーク波長が、光増幅素子の自然発光スペクトルピーク波長よりずれていることを特徴とする反射型多段光増幅装置。

【請求項6】 上記請求項1、2、3、4、5記載の反射型多段光増幅装置において、第1の光増幅素子と第2の光増幅素子の光路中に、偏波面を90度回転させる機能を有する装置があることを特徴とする反射型多段光増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光ネットワーク、広帯域光通信等に用いられる光増幅装置の構造に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の光増幅器の例を図1に示す。この装置は1990年9月の電子情報通信学会誌OQE90-74、P25-P30において論じられているように、ストライプ状の活性導波路1が、InP結晶中に埋め込まれた埋込ヘテロ（BH）構造であり、一方の壁開面より光信号を入力し活性導波路にて増幅後反対側の壁開面より光出力を取り出す構造となっている。活性導波路1はInGaAsP活性層2（ $\lambda_g = 1.585 \mu\text{m}$ ）が、InGaAsP光ガイド層3及びInPクラッド層4で挟まれたSCH（Separate Confinement Hetero）構造である。又、矩形状の活性導波路1におけるTE/TMの閉じ込め係数が等しくなる様、活性層厚は約0.3  $\mu\text{m}$ 、活性層幅は約0.8  $\mu\text{m}$ としている。

\*いて、第1の光増幅素子と第2の光増幅素子の増幅光のTE/TM偏波利得差を下記の数式の反射板への入射角（ $\theta$ ）に対する反射率差で補正することを特徴とする反射型多段光増幅装置。

【数1】

【0003】 素子はInP基板5上に液相エピタキシャル法を用いて作製している。素子長は600  $\mu\text{m}$ 、活性導波路領域6は550  $\mu\text{m}$ であり、InP結晶よりなる窓領域7、8（ $\sim 25 \mu\text{m}$ ）を両端面近傍に設けている。この素子は端面に低反射膜9、10を付け、窓構造としていること、及びストライプを6度の斜め角度とすることにより活性導波路への光の反射を防止する構造としている。又、P型電極11はCu-Au、N型電極12はAuGeNi-Pd-Au構造であり、ヒートシンク材にボンディングされた構造となっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来技術では入力信号の偏波面依存性を低減するために、TE/TMモード間でのモード閉じ込め係数比 $\Gamma_{TM}/\Gamma_{TE}$ を1に近づける様活性導波路の形状制御が必要であるが、一般にはこの形状制御は極めて困難である。

【0005】 又モード閉じ込め係数比 $\Gamma_{TM}/\Gamma_{TE}$ を1に近付ける1つの方法として活性層厚を厚くする方法があるが、これは同時に利得飽和と雑音特性の劣化を生じ、増幅光のスポットサイズも減少することから、端面反射率の増大と結合効率の低下を招くという問題が有った。

【0006】 本発明の第1の目的は、増幅素子単体での偏波利得差があっても、多段化により偏波利得差を低減しようすることにある。すなわち従来の半導体レーザーのように偏波利得差が $TE > TM$ であり、形状制御がより容易であるようにし、スポットサイズの減少による結合効率の低下がないようにしながら、偏波特性を改善することに有る。

【0007】 又 本発明の第2の目的は、多段化において障害となる雑音特性の劣化を防止し、単体でのS/N比よりも改善することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 上記第1の目的を達成するために、第1の増幅素子と第2の増幅素子の間に反射板を用い、反射板による反射率が入射面に対して平行方向（ $R_p$ ）と垂直方向（ $R_s$ ）で入射角（ $\theta$ ）に対して異なる事を利用し、第1の増幅素子と第2の増幅素子の偏波利得差を、反射による $R_p$ 、 $R_s$ の差により補正しようとするものである。この時第1の増幅素子と第2の増

増幅素子の利得偏波が共にTE>TMの場合には、第1の増幅素子と反射板の間に例えば2段階偏波無依存アイソレータの様なものを配置し、偏波方向を90度回転させた後反射板による反射率差によりTE/TM利得差を補正する。

【0009】又、第2の目的を達成するために、狭帯域反射スペクトルを有する上記反射板を用い、第1の光増幅素子の出力に対しては反射板の反射スペクトル以外の成分を透過させ、反射スペクトル内にある信号のみを第2の光増幅素子に入力させることによりS/N比を改善しようとするものである。

【0010】又この時、入力信号の波長と反射スペクトルの波長を第1、及び第2の光増幅素子の自然発光スペクトルピーク値よりシフトすることにより、利得の低減\*

$$R_p = \left[ \frac{n_A \cos \theta - \sqrt{n_B^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}}{n \cos \theta + \sqrt{n_A^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}} \right]^2 \quad (\text{数3})$$

【0015】

$$R_s = \left[ \frac{n_B \cos \theta - (n_A/n_B) \sqrt{n_B^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}}{n_B \cos \theta + (n_A/n_B) \sqrt{n_A^2 - n_A^2 \sin^2 \theta}} \right]^2 \quad (\text{数4})$$

【0016】今 第1の光増幅素子により増幅された光の偏波がTE>TMであり、TE波は入射面に対して平行方向に偏っているとす。この時、光アイソレータ等の光部品により偏波面を90度回転することが出来れば、第1の光増幅素子の増幅光のTE波は入射面に垂直方向となり、上記(1)、(2)式より適当な(θ)を選択しRp、Rsの比を変えることにより、第2の光増幅素子通過後のTE/TM偏波利得差をゼロに低減することが出来る。

【0017】次に第2の目的に対しての作用について説明する。

【0018】光増幅素子からの雑音には、信号光と自然放出光間のビート雑音、自然放出光間ビート雑音、信号光ショット雑音、自然放出光間ショット雑音がある。ビート雑音はショット雑音よりほぼ利得分だけ大きいので、利得が十分に大きな場合にはビート雑音が支配的となる。又、自然放出光間ビート雑音は帯域の狭い光フィルターの挿入によって、十分に低減可能である。

【0019】この自然放出光間ビート雑音は、光フィルターによる除去以外に狭帯域反射スペクトルを有する反射板を利用し、反射スペクトル以外の増幅光は透過させ、反射スペクトル内の反射光のみを第2の光増幅素子に入力させることによって除去可能である。この方式は第1の目的であるTE/TM偏波特性を調整しながら雑音を低減できる利点がある。

【0020】また信号光-自然放出光間のビート雑音に対しては、自然放出スペクトルピーク値波長より信号光波長をシフトすることにより低減が可能であるが、信号光を長波長側へシフトしても誘導放出確率はさほど低減せず、利得は一般的に低下しない。この為、反射スペクトルピーク波長と信号光を同時に光増幅素子の自然放出

\*に比較しS/N比をさらに改善しようとするものである。

【0011】又以上の課題に対しては光増幅素子及び反射板の段数をさらに増加することにより、TE/TM偏波利得差をさらに低減し、利得向上と同時にS/N比改善を図ろうとするものである。

【0012】

【作用】第1の目的に対しての作用について説明する。

【0013】一般に入射角(θ)で反射板に入射した光は、入射面に対して平行な偏光波をP波、垂直な偏光波をS波とした時、反射光の強度は以下の式により表される。

【0014】

【数3】

【数4】

スペクトルピーク値よりシフトさせることにより、利得の低下なく信号光-自然放出光間ビート雑音を低減できるのである。

【0021】次に雑音指数について説明する。光増幅素子の自然増幅光のパワーPspは次式で与えられる。

【0022】 $P_{sp} = 2h\nu N_{sp}(G-1)B$   
ここでhνは光子のエネルギー、Nspは自然放出光係数、Gは内部利得、Bは光の帯域幅である。又モジュールの雑音指数NFは利得が十分大きければ次式で与えられる。

【0023】 $NF = 2N_{sp}\eta_{in}$

ここでηinは入力側光結合係数である。すなわちNspはPsp/Bに比例するため、ある帯域幅におけるPspを低減することによりNFは改善することが可能である。第一の増幅素子の増幅光は、反射板により反射スペクトルの透過光に相当する自然発光成分が低減されるため、出力光の雑音も低減されNFが低減される。

【0024】

【実施例】本発明の第1の実施例を図2に示す。図2は、反射型2段階増幅装置の構造図である。第1の増幅素子22及び第2の増幅素子27の素子構造は図1と同様である。偏波特性はTEモードが大きく、第1の増幅素子22の偏波利得差は3dB(TE>TM)、第2の増幅素子27の偏波利得差は2dB(TE>TM)であった。

【0025】23及び26はNA0.7の非球面レンズである。24は偏波無依存2段階光アイソレータであり、偏波面を90度回転させると共に戻り光の増幅素子22への反射を防止している。アイソレーションは60dBである。25は狭スペクトル反射板であり、ピーク波長1.55μmでの反射率50%、半値幅3nm、

1.  $55 \pm 0.02 \mu\text{m}$ での反射率は1%である。

【0026】21は単一モード入力信号光であり、レンズにより集光され第1の光増幅素子22へ入射される。光増幅素子22により増幅された信号光は前述のように偏波利得差は3dB (TE>TM)であったが、この光は非球面レンズ23によりコリメート光となり、さらに偏波無依存光アイソレータ24により偏波面は90度回転して反射板5に入射される。

【0027】反射板25は、反射スペクトル以外の光を吸収する様GaAs基板とし、TiO<sub>2</sub>、SiO<sub>2</sub>多層酸化膜で構成した。ここで反射板25への入射角度を約8度とすると、反射光のRp/Rs強度比は約1dBとなる為、第2の光増幅素子27へ入射される光はRp<Rs、2dBとなり、光増幅素子27での偏波利得差2dBと相殺され出力光の偏波利得差は0dBとなった。

【0028】又、光増幅素子22により増幅された出力光は増幅信号光と自然発光成分を含んでいるが、反射板25の反射スペクトル以外の成分は透過される為、光増幅素子27へ入射される光はS/N比が改善されたものとなる。従来のS/N比に比べ本例では約7dB低減出来た。

【0029】次に雑音指数について測定した結果について述べる。前述の(3)、(4)式で述べたようにNspはPsp/Bに比例し、NFはNspに比例するため、Pspを低減することによってNFの低減も可能であった。本例ではB=6.1nmの光フィルターを第2の光増幅素子27の出力光側28に接続し測定した。各素子の励起電流は40mA (内部利得約10dB)以上で飽和し、60mA (内部利得約20dB)以上では2段増幅後のNFは8dBであった。従来の反射板を用いない方法では15dBであるので約7dBの改善が見られた。この時の入力側光結合係数 $\eta_{in}$ は3dBであった。

【0030】又この雑音指数の波長依存性を測定した結果、利得ピーク値より長波長側で雑音指数は減少するが、20nm程度長波長側にずれると一定となった。この時の利得の低下は利得ピーク値より3~4dBであった。すなわち入力信号光の波長を光増幅素子の利得ピーク値より長波長側へ20nmずらした場合でも、第1の光増幅素子22の利得18dB、第2の光増幅素子27の利得17dB、アイソレータ・反射板等の損失5dBでありFiber to Fiberの利得30dBが得られた。

【0031】本発明の第2の実施例について述べる。

【0032】図3は反射型プリズム内蔵2段光増幅装置の構造図である。プリズム36が反射板35と非球面レンズ37または40の中に挿入されている以外は図2と同様である。光増幅素子32、38、41の特性及びレンズ33、37、40及び偏波無依存光アイソレータ34の特性も実施例1と同様である。但し第1の光増幅素子32はより飽和出力を上げる為共振器長Lは400 $\mu\text{m}$ とし、活性導波路にはMQW層を用いた。この為第1の光増幅素子32の内部利得は20dBであったが、飽和出力は7dBmが得られている。

【0033】ここで入力信号光は1.52, 1.56 $\mu\text{m}$ の40nm離れた2波長を入力した。実施例1と同様増幅素子32により増幅された光は非球面レンズ33によりコリメート光となり、2段型偏波無依存光アイソレータにより偏波面を90度回転した後、反射板35により反射されプリズム36に入射する。1.52, 1.56 $\mu\text{m}$ の増幅された信号光はプリズム36により分光され、第2の非球面レンズ37、40により集光されそれぞれ第2の光増幅素子38、41により増幅した。

【0034】第2の光増幅素子38、41の偏波特性はそれぞれTE>TM 2dBとほぼ同様のものである為、偏波特性は実施例1と同様出力光39、42でほぼ0dBとなった。また第1の光増幅素子32及び第2の光増幅素子38、41の利得ピーク値はそれぞれほぼ1.52 $\mu\text{m}$ であり、出力光39、42の利得はそれぞれ33、29dBであった。この時の雑音指数NFは逆に10dB、8dBと利得ピーク値より長波長側で良い得性が得られた。

【0035】すなわちプリズムを使用することにより利得、雑音特性が低下することなく2波長、2段の増幅が可能であった。

#### 【0036】

【発明の効果】以上 反射型多段光増幅器を用いると、偏波依存性を有する光増幅素子を用いても、反射板への入射角を調整することにより偏波依存性0dBの光増幅器を得ることが可能である。光増幅素子単体では実現困難であった高利得低雑音化を2段及び多段化することにより達成せしめ、同時に偏波無依存化を可能とするものである。

【0037】また光プリズム等を挿入し入力信号光を分光することにより、多波長の分波多段増幅が可能である。これら偏波無依存/高利得/低雑音光増幅器の実現は光通信系のプリアンプとしてだけではなく光中継器、ブースター、ポストアンプとしての適用が可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来の光増幅器の構造図

【図2】本発明の第1の実施例の反射型2段光増幅装置の構造図

【図3】本発明の第2の実施例の反射型プリズム内蔵2段光増幅装置の構造図

#### 【符号の説明】

1…活性導波路、2…InGaAsP活性層、3…InGaAsP光ガイド層4…InPクラッド層、5…InP基板、6…活性導波路領域、7、8…窓領域、9、10…低反射膜、11…P型電極、12…N型電極、21…単一モード入力信号光、22…第1の光増幅素子、2

(5)

特開平4-326782

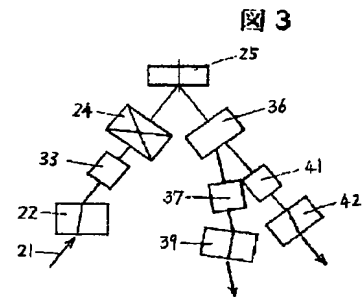
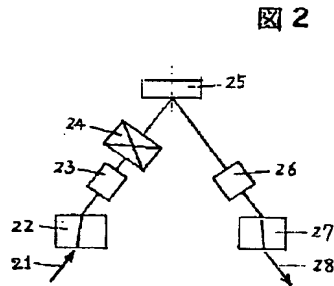
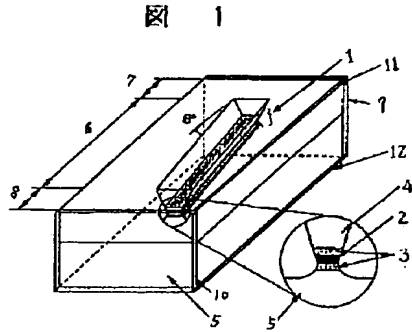
2, 26...非球面レンズ、24...偏波無依存2段型光アイソレータ、25...狭帯域反射板、27...第2の光増幅素子、28...単一モード出力光、33...第1の非球面レ

ンズ、37、40...第2の非球面レンズ、36...光プリズム、38、41...第2の光増幅素子、39、42...単一モード出力光

【図1】

【図2】

【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 豊中 隆司  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 小野 佑一  
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内